1969
Verlag Schnelle, Eberhard und Wolfgang Schnelle GmbH, Quickborn

Druck und Einband: Maurischat & Bevensee, Quickborn
Printed in Germany

GRUNDLAGENSTUDIEN
AUS
KYBERNETIK
UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 10
HEFT 4

DEZEMBER
1969

KURZTITEL
GrKG 10/4

INHALT

VERLAG SCHNELLE QUICKBORN

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht.

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint für Abonnenten ein Beiheft.
Preis: DM 4,80 je Heft und Beiheft.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleiter

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Geschäftsführende Schriftleiterin

Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées cybernetique. L'introduction en esthétique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les «Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft» ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres.

Il paraissent 4 numéros de 32 à 48 pages par an et un numéro spécial, pour les abonnés. Prix: DM 4.80 le numéro (et le numéro spezial) L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les G KG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverture.

Rédacteur en chef

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Rédacteur gérant

Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodologica- tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books.

G KG are published in 4 numbers each year, with 32–48 pages per number. A special number is edited each year for the subscribers.
Price: DM 4.80 per number (and spezical number) Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The G KG may be received by booksellers or directly by the publisher.

Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Managing Editor

Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

SYNTAKTISCHE, SEMANTISCHE UND PRAGMATISCHE INFORMATION

von Engelbert Kronthaler, Berlin

Jede Kommunikation vollzieht sich in Zeichen; diese bilden den Gegenstand der Semiotik. Da Zeichen u.a. die Funktion haben, Information zu übermitteln, kann die Informationstheorie als Teil der allgemeinen Semiotik aufgefaßt werden. Dies rechtfertigt eine Dreiteilung der Information in syntaktische, semantische und pragmatische Information.

In diesem Artikel soll nun versucht werden, einen einheitlichen Formalismus für alle drei Begriffe einzuführen und darüber hinaus die bereits dazu bestehenden exakten Explikationen - soweit möglich - in dieses System einzuordnen.

1. Syntaktische (statistische) Information

Im folgenden seien die Hauptbegriffe der statistischen Informationstheorie zusammengestellt (vgl. H. Stachowiak, 1968). Diese Theorie steht auf der syntaktischen Stufe, da sie nur Zeichen und die statistischen Beziehungen zwischen Zeichen behandelt.

Die auf L. Hartley (1928) zurückgehende und von C. E. Shannon (vgl. Shannon und Weaver, 1949) präzisierte Definition der Information beruht auf dem Gedanken, daß Nachrichten an Signale gebunden sind, die für Sender und Empfänger Repräsentationszeichen darstellen. (Auf diese Weise fließt zwar semiotisch betrachtet ein semantischer Inhalt in die "syntaktische" Informationstheorie, jedoch wird diese damit noch nicht zu einer Theorie der semantischen Information.) Eine Nachricht im syntaktischen Sinne besteht aus einer bestimmten Folge vom Sender aus dem vorgegebenen Zeichenvorrat frei gewählter Elemente.

Vorgegeben sei eine Menge X von Elementen, die als Elementarereignisse bezeichnet werden. Sei $[X, \mathfrak{S}, p]$ ein Wahrscheinlichkeitsraum mit den zufälligen Ereignissen $E_1, \ldots, E_k$ der σ-Algebra $\mathfrak{S}$ und sei $p(E_\varkappa) = p_\varkappa$ ($\varkappa = 1, \ldots, k$). Das endliche Schema

$$\begin{pmatrix} E_1, & E_2, & \ldots\ldots, & E_k \\ p_1, & p_2, & \ldots\ldots, & p_k \end{pmatrix}$$

repräsentiert dann die *Unbestimmtheit* eines Versuchs α, dessen Ausgang (Ergebnis) eines der Ereignisse $E_1, \ldots, E_k$ ist, wo $p_\varkappa$ die Wahrscheinlichkeit für den Versuchsausgang $E_\varkappa$ angibt. Das Maß $J_\varkappa$ der *Unbestimmtheit des* $\varkappa$*-ten Versuchsausgangs*

(1) $$J(p_\varkappa) = -\log p_\varkappa$$

heißt *Einzelinformation(sbetrag) über* $E_\varkappa$ *bzgl.* α.
Das *Maß der Unbestimmtheit des Versuchs* α (oder anders: das Maß der Unsicherheit bzgl. des Wertes der auf $[X, \mathfrak{S}, p]$ definierten Zufallsvariablen $J_\varkappa$)

(2) $$H(p_1, \ldots, p_k) = H(\alpha) = -\sum_{\varkappa=1}^{k} p_\varkappa \cdot \log p_\varkappa$$

heißt *Entropie* oder mittlere(r) Information(sbetrag) von α.

Diese Definitionen lassen sich ergänzen. Besonders wichtig ist der Fall, daß zwei Versuche α und β mit den endlichen Schemata

$$\begin{pmatrix} E_1, & E_2, & \ldots, & E_k \\ p_1, & p_2, & \ldots, & p_k \end{pmatrix} \qquad \begin{pmatrix} F_1, & F_2, & \ldots, & F_l \\ q_1, & q_2, & \ldots, & q_l \end{pmatrix}$$

zu genau einem gleichzeitig realisierten Versuch von $k \cdot l$ Ausgängen, dem zusammengesetzten Versuch $\alpha\beta$, vereinigt werden. In diesem Falle bestimmt sich der *Informationsbetrag über* (die Ergebnisse von) α, *der in* (den Ergebnissen von) β *enthalten ist*, nach der Formel

(3) $$I(\alpha, \beta) = \sum_{\varkappa=1}^{k} \sum_{\lambda=1}^{l} p_{\varkappa\lambda} \cdot \log \frac{p_{\varkappa\lambda}}{p_\varkappa \cdot p_\lambda}$$

wo $p_{\varkappa\lambda}$ die Wahrscheinlichkeit dafür ist, daß in α das Ereignis $E_\varkappa$ und gleichzeitig in β das Ereignis F_λ eintritt. Es ist: $p_{\varkappa\lambda} = p(E_\varkappa \cap F_\lambda)$. $I(\alpha, \beta)$ wird *Transinformation* genannt. Ist $p_{E_\varkappa}(F_\lambda)$ die bedingte Wahrscheinlichkeit und wird die *bedingte Entropie* als

(4) $$H_\alpha(\beta) = -\sum_{\varkappa=1}^{k} \sum_{\lambda=1}^{l} p_\varkappa \cdot p_{E_\varkappa}(F_\lambda) \cdot \log p_{E_\varkappa}(F_\lambda)$$

definiert, so ergibt sich

(5) $$I(\alpha, \beta) = H(\beta) - H_\alpha(\beta) = H(\alpha) - H_\beta(\alpha) = H(\alpha) + H(\beta) - H(\alpha\beta).$$

Die Definitionen für $H(\cdot)$ und $I(\cdot,\cdot)$ sind durch Grenzübergänge auf den Fall stetiger Verteilungsfunktionen bzw. unendlicher σ-Algebren übertragbar.

Da diese Begriffe ursprünglich zu dem speziellen Zweck der Lösung von Problemen der Nachrichtenübertragung durch Kanäle geschaffen wurden und beispielsweise H nur von den Wahrscheinlichkeiten $p_\varkappa$ der Versuchsausgänge, nicht aber von deren Beschaffenheit abhängt, sind sie wenig zur Untersuchung des mit ihnen verbundenen semantischen Gehalts geeignet. Um auch diesen zu erfassen, soll eine

2. Semantische Information als Verallgemeinerung der statistischen Information

definiert werden. Ausgangspunkt sei wieder die Tatsache, daß Kommunikation an Zeichen und Zeichenfolgen gebunden ist, die einem Repertoire entstammen, das Sender und Empfänger wenigstens teilweise bekannt sein muß. Ist ein Zeichen nach gewissen syntaktischen Regeln gebildet, so heiße es ein Wort. Stellt eine ebenfalls nach gewissen syntaktischen Regeln gebildete Wort-(Zeichen)folge eine Aussage über einen Sachverhalt dar, so heiße sie Nachricht. Die Nachrichten im syntaktischen Sinne gemäß Abschnitt 1) werden also mit Bedeutungen belegt; sie sind nicht mehr nur syntaktische, sondern semantisch belegte Zeichenfolgen. Aussage sei hier ein Satz mit Wahrheitswert. Der Zustand der Ungewißheit - der ja nötig ist, um von Information sprechen zu können - bezieht sich im weiteren also nicht auf syntaktische Zeichenfolgen, sondern auf Nachrichten und damit auf Sachverhalte.

Sei $W = [X, \mathfrak{S}, p]$ wieder ein Wahrscheinlichkeitsraum, wobei jedoch jetzt die zufälligen Ereignisse $E_\varkappa \in \mathfrak{S}$ $(\varkappa = 1, \ldots, k)$ Nachrichten, d.h. Aussagen über Sachverhalte bezeichnen sollen; jedem $E_\varkappa$ kommt mithin eine gewisse Bedeutung zu. Sei $p(E_\varkappa) = p_\varkappa$ $(\varkappa = 1, \ldots, k)$. $p_\varkappa$ ist um so größer, je wahrscheinlicher der von $E_\varkappa$ ausgesagte Sachverhalt zutrifft. Zu beachten ist, daß der Wahrscheinlichkeitsvektor dieses Feldes der Bedeutungen wegen der Synonyme und Homonyme [diese machen erst eine Unterscheidung zwischen syntaktischer, semantischer und pragmatischer Information nötig; könnte jedem Designat, jedem Sachverhalt eineindeutig ein Zeichen zugeordnet werden, so genügte formal eine statistische Theorie, nicht mehr mit dem des Feldes der Zeichen identisch zu sein braucht. Die Anwendung der strukturell gleichen Maßvorschriften (1), (2), (3) auf W definiert dann bzw. die semantische Einzelinformation, die semantische Entropie und die semantische Transinformation.

Mit einem solchen Ansatz gelingt es beispielsweise, die Informationsbeträge folgender Nachrichten zu unterscheiden:

E_1: Irgendwann startet irgendwo ein Flugzeug nach irgendwohin.
E_2: Heute startet in Berlin ein Flugzeug nach Rom.
E_3: Heute um 10 Uhr startet in Tempelhof ein Flugzeug nach Rom.

Sei sE_i ($i = 1, 2, 3$) der durch E_i ausgedrückte Sachverhalt und bedeute $\longrightarrow$ "wenn ... zutrifft, dann ...", so gilt:

$$sE_3 \longrightarrow sE_2 \longrightarrow sE_1 ,$$

aber nicht umgekehrt. Daraus ergibt sich für die Wahrscheinlichkeiten der Nachrichten:

$$p_3 < p_2 < p_1 .$$

Für die semantische Information folgt:

$$\mathrm{seminf}(E_3) > \mathrm{seminf}(E_2) > \mathrm{seminf}(E_1).$$

Analog sieht man, daß die semantischen Informationen von E_1: "it is raining", E_2: "es regnet" und E_3: " дождь идёт " einander gleich sind, da hier gilt:

$$sE_1 \longleftrightarrow sE_2 \longleftrightarrow sE_3.$$

In beiden Fällen könnte die nur syntaktische statistische Theorie zu anderen, intuitiv n i c h t richtigen Ergebnissen führen.

Ferner zeigt sich hier, daß z.B. dem Wort "Baum", das zwar eine Bedeutung, nämlich sein Designat, haben mag, keine semantische Information zukommt, da es keinen Sachverhalt ausdrückt; nur für Nachrichten, in denen es vorkommt, z.B. "Hier steht ein Baum" ergibt sich eine semantische Information. (Vgl. auch Shannon und Weaver, 1949, wo "Bedeutung" und "Information" mit einem Paar kanonisch konjugierter Variabler der Quantenmechanik verglichen werden!)

In obigem Ansatz wird der statistische Aspekt nicht nur der syntaktischen Zeichenfolge - wie in der aus nachrichtentechnischen Bedürfnissen entstandenen Shannon-Hartleyschen Informationstheorie und der daraus verallgemeinerten mathematischen Theorie -, sondern auch derjenige der s e m a n t i s c h e n Zeichenfunktion erfaßt. (Dieser scheint der wichtigste zu sein. Vgl. z.B. das Lernen: Zur Intension eines Begriffes gelangt ein Kind wohl immer erst über seine

Extension, d.h. es lernt die Bedeutung eines Begriffs, eines Satzes durch seine Anwendungsmöglichkeiten. Daß dies möglich ist, liegt sicher daran, daß das Kind den Gebrauch des Begriffs, des Satzes nicht nur innerhalb der Sprache, sondern auch bzgl. der Designata und Sachverhalte lernen kann.)

Dennoch werden lange nicht alle Aspekte aus dem breiten umgangssprachlichen Bedeutungsspektrum von "Information" berücksichtigt. Dies soll im nächsten Abschnitt gezeigt werden.

3. Pragmatische Information als Verallgemeinerung der statistischen Information

Gemäß dem semiotischen Stufenaufbau der Information scheint es wünschenswert, nun auch einen exakten Begriff der pragmatischen Information einzuführen. Ein noch wichtigerer Grund hierfür liegt darin, daß erst eine pragmatische Information die Tatsache widerspiegeln kann, daß "Bedeutung" stets als Bedeutung für *jemanden*, d.h. in einem Kommunikationsprozeß (Mensch-Mensch, Mensch-Buch, usw.) auftritt. Erst auf dieser Ebene gelingt es auch, die Abhängigkeit der Information einer Nachricht von dem der Nachricht entgegengebrachten Interesse zu formulieren. (Vgl. H. Stachowiak, 1964, wo erstmals vollumfanglich auf die Bedeutung des motivationalen Geschehens im kybernetischen Modell hingewiesen wird. S. a. H. Stachowiak, 1969.) Ferner kann hier z.B. entschieden werden, *welche* von mehreren Interpretationen eines Satzes gemeint ist; so gibt es viele Möglichkeiten "ja" zu sagen. Vgl. auch den Satz: "Entweder du kommst oder du kommst nicht." Er kann sein: a) ein wahrer Satz, ohne Information, b) ein Satz, der ein Urteil einer Indifferenz (bzw. Irrelevanz) ausdrückt (Es ist mir gleich, ob du kommst oder nicht), c) ein Satz, der eine Aufforderung ausdrückt, sich zu entscheiden, d) ein Satz, der eine Alternativfrage ausdrückt.

Im folgenden soll versucht werden, einen solchen pragmatischen Informationsbegriff zu entwickeln, und zwar durch Erweiterung des in Abschnitt 2) eingeführten semantischen Informationsbegriffs.

Die *pragmatische Information* geht aus der semantischen Information dadurch hervor, daß der dort verwendete Wahrscheinlichkeitsraum $[X, \mathfrak{S}, p]$ zu einem *subjektiven Wahrscheinlichkeitsraum* $[X, \mathfrak{S}, p^{(s)}]$ gemacht wird, wobei anstelle des Wahrscheinlichkeitsvektors $p = (p_1, \ldots, p_k)$ der vom Empfänger der Nachricht abhängige *subjektive Wahrscheinlichkeitsvektor* $p^{(s)} = (p_1^{(s)}, \ldots, p_k^{(s)})$ tritt. Somit entsteht ein Feld vom

Empfänger abhängiger subjektiver Bedeutungen auf dem dann die strukturell gleichen Maßvorschriften wie in Abschnitt 2) die entsprechenden pragmatischen Informationen ergeben.

Zu beachten ist, daß der hier verwendete Begriff der subjektiven Wahrscheinlichkeit von dem allgemein üblichen abweicht, unter dem nur der dem Subjekt zugeschriebene Grenzwert der relativen Häufigkeit verstanden wird.

Die subjektive Wahrscheinlichkeit könnte in Analogie zu R. Carnap, der die logische Wahrscheinlichkeit W_1 als fairen Wettquotienten betrachtet, als der höchste Wettquotient definiert werden, den das Subjekt anzubieten bereit ist. $p^{(s)} = r$ besagt dann, daß das Subjekt s gewillt ist, eine Wette im Verhältnis $r/1-r$ einzugehen; sei A eine Nachricht, so entschiede sich z.B. s bei $p^{(s)}(A) = m/n$ bei n-maliger Wiederholung genau m-mal für die Richtigkeit von A, d.h. für das Zutreffen des von A behaupteten Sachverhalts.

Die als höchster Wettquotient definierte subjektive Wahrscheinlichkeit wird oft als "falsch" oder "unexakt" betrachtet, da beispielsweise jemand besonders gern wettet oder jemand gerne möchte, daß etwas bestimmtes eintritt und deshalb riskantere Wetten eingeht. Viele Vertreter der "subjektiven" Wahrscheinlichkeit möchten dies durch Konsistenzforderungen ausschalten, um so von einer subjektiven zu einer objektiven Theorie zu gelangen. Das von ihnen als mangelhaft Behauptete erscheint hier gerade als wünschenswert; ebenso die Tatsache, daß z.B. bei extrem hohen Wetteinsätzen oft andere Kriterien für die Wette eine Rolle spielen - es gingen wohl wenige eine Wette im Verhältnis 1:1 ein bei einem Einsatz von einer Million Mark auf den Ausgang eines Münzwurfs. Solche Wetten zeigen genau die Abhängigkeit der subjektiven Wahrscheinlichkeit von dem aufgebrachten Interesse und vom erwarteten Nutzen, der durchaus vom Interesse abhängen kann (Motivbefriedigung). Die subjektive Wahrscheinlichkeit spiegelt also eine Art Präferenzordnung wider.

Die hier umrißhaft eingeführte pragmatische Information einer Nachricht ist mithin eine Funktion des Neuigkeitswertes und des der Nachricht entgegengebrachten Interesses.

Nach den Ausführungen der Abschnitte 2) und 3) ergibt sich aus der (in Abschnitt 1) angedeuteten) formalen syntaktisch-statistischen Informationstheorie je nach Belegung der Zeichen und Interpretationen der Wahrscheinlichkeiten eine semantische oder pragmatische Informationstheorie.

Es stellt sich nun die Frage, wie sich anderweitig erarbeitete exakte Explikationen der Begriffe der semantischen und pragmatischen Information dem hier entworfenen System einordnen lassen.

4. Die semantische Information nach Y. Bar-Hillel und R. Carnap (1953)

Die formale Gleichheit der Definitionen (1), (2), (5) der statistischen Theorie mit den entsprechenden der Bar-Hillel-Carnapschen Theorie:

(6) $\quad \inf(i) = -\log m(i),$

(7) $\quad \mathrm{est}(\inf, H, e) = \sum_p c(h_p, e) \cdot \inf(h_p/e) = -\sum_p c(h_p, e) \cdot \log c(h_p, e)$

(8) $\quad \mathrm{sp}(\inf, H, K, e) = \mathrm{est}(\inf, H, e) - \mathrm{est}(\inf, H/K, e),$ mit

(9) $\quad \mathrm{est}(\inf, H/K, e) = \sum_q c(k_q, e) \cdot \mathrm{est}(\inf, H, e \cdot k_q),$

legt von vornherein die Vermutung nahe, daß es sich bei beiden Theorien nur um verschiedene Interpretationen ein und desselben Kalküls handelt.

Die statistische Information ist wie die statistische Wahrscheinlichkeit ein objektsprachliches Prädikat, die (Carnapsche) semantische Information wie die logische Wahrscheinlichkeit ein metasprachliches extensionales Prädikat, das sich auf eine Objektsprache $\mathcal{L}_N^\pi$ bezieht. In $\mathcal{L}_N^\pi$ lassen sich die N Individuen und die π Prädikate beliebig zu Basissätzen kombinieren, welche mit Hilfe der logischen Verknüpfungen verbunden werden können. Der Inhalt der Prädikate, sowie die empirische Richtigkeit der Sätze spielen dabei keine Rolle. Alle weiter vorkommenden Begriffe wie Zustands- und Strukturbeschreibungen, logische Wahrscheinlichkeit, semantische Information sind extensionale, nämlich durch Klassen von Sätzen erklärte Begriffe. (Die m-Funktionen sind als Wahrscheinlichkeitsmaße auf der Menge der Zustandsbeschreibungen aus $\mathcal{L}_N^\pi$ und die c-Funktionen als bedingte Wahrscheinlichkeiten aufzufassen. Zu den bestätigungstheoretischen Grundbegriffen vgl. R. Carnap und W. Stegmüller, 1958.) Sie beschreiben also lediglich die Syntax des Sprachsystems. Designata werden nicht eingeführt. Die Bar-Hillel-Carnapsche semantische Information ist also eine statistische Information auf der Menge der in $\mathcal{L}_N^\pi$ möglichen "bedeutungslosen" Sätze. Sie überschreitet nicht die syntaktische Stufe.

Übrigens wäre die Shannonsche Theorie durch Einführen bedingter Wahrscheinlichkeiten für Zeichensequenzen der Länge n (n = 1, 2, ...) in eine statistische Theorie über Wörter, Sätze usw. zu überführen. Es ergäbe sich aber auch auf diese Weise keine Theorie der semantischen Information. Genausowenig gelingt dies Bar-Hillel und Carnap dadurch, daß sie ein Maß über die Bedeutung

eines Satzes angeben, die sie extensional über seinem logischen Spielraum definieren. Der logische Spielraum ist ausschließlich sprachbedingt und bezieht sich nicht auf Designata oder Sachverhalte, wie sie in eine Theorie der semantischen Information miteinbezogen werden müssen (vgl. Abschnitt 2)). Abgesehen hiervon, bezieht sich die Bar-Hillel-Carnapsche Theorie nicht auf Kommunikation, obwohl immer von übermittelter Information die Rede ist. Es fehlen die Partner im Shannonschen Sinne. Sie bezieht sich andererseits auch nicht auf natürliche Sprachen, sondern wird in einer sehr einfachen, nicht über den Prädikatenkalkül der ersten Stufe hinausgehenden Modellsprache entwickelt, wiewohl sich Bar-Hillel und Carnap stark an Situationen orientieren, die in jener Modellsprache überhaupt nicht beschreibbar sind. Zusammenfassend wäre zu sagen:

Da Bar-Hillel und Carnap nicht - wie dies in Abschnitt 2) der Fall war - Designata und Sachverhalte einführen, erfassen sie nur die Extension von "Bedeutnng"; ihre darauf aufgebaute Theorie eines "semantischen" Informationsmaßes bleibt also eine mit der Shannonschen formal identische statistische Theorie.

5. Pragmatische Information nach P. Gäng (1967)

Als Begründung zur Einführung einer pragmatischen Information schreibt P. Gäng u.a. (vgl. P. Gäng p. 77):

"Sowohl die syntaktische als auch die semantische Information beziehen sich nach den bisherigen Theorien auf die Wahrscheinlichkeit einer Nachricht, handle es sich dabei um die objektive bzw. subjektive Wahrscheinlichkeit... Es gilt insbesondere, den Empfänger von Nachrichten so in den theoretischen Entwurf einzubeziehen, daß er nicht nur als Lieferant subjektiver Zeichenwahrscheinlichkeiten auftritt, sondern darüber hinaus zu einem maßtheoretisch relevanten Faktor für die Bestimmung des Informationsgehaltes der in Frage stehenden Nachricht wird."

Nun ist aber zu berücksichtigen, daß - soweit es sich um subjektive Wahrscheinlichkeiten handelt [im folgenden wird der in Abschnitt 3) eingeführte Begriff der subjektiven Wahrscheinlichkeit verwendet, Gäng selbst bezieht sich auf einen etwas engeren Begriff der subjektiven Wahrscheinlichkeit;] - nicht nur die (objektive) Seltenheit von Strukturen gemessen wird, sondern auch der Neuigkeitswert und in gewisser Weise der Inhalt der Nachricht, da ja gerade die subjektive Wahrscheinlichkeit von der Neuigkeit der zu bewertenden Nachricht sowie von dem der Nachricht entgegengebrachten Interesse und dem erwarteten Nutzen abhängt. [Einem Satz, der einen bekannten Sachverhalt behauptet, wird hohe subjektive Wahrscheinlichkeit, also geringe Information zugeordnet werden, während einem Satz, der einen für den Empfänger teilweise unbekannten Sachverhalt behauptet,

geringe Wahrscheinlichkeit, also hohe Information zukommt.] Ein Nachrichtenempfänger wird also gerade als Lieferant subjektiver Wahrscheinlichkeiten zu einem maßtheoretisch relevanten Faktor.

"Die syntaktische Information mißt weder den Inhalt noch den Neuigkeitswert eines Satzes. Daß diese Tatsache sich in der Anwendung 'der' Informationstheorie außerhalb derjenigen Bereiche, für die der syntaktische Informationsbegriff erarbeitet wurde, kaum auswirkt, ist allein dem Umstand zu verdanken, daß die Seltenheit der Struktur eines Satzes häufig mit der Seltenheit seines Inhalts verbunden ist.." (Gäng p. 77)

Dieser Vorwurf trifft nach oben Gesagtem den in Abschnitt 3) entwickelten Ansatz nicht mehr, da es sich dort um subjektive Wahrscheinlichkeiten handelt. Ferner ist zu beachten, daß bei einer Quantifizierung der Informationsinhalte der statistische Teilaspekt wohl immer eine große Rolle spielen wird (vgl. Information als Auswahlfähigkeit. So wird z.B. der Adressat eines Briefes durch sukzessive Auswahl (Staat, Ort, Straße, Haus..) ermittelt. In der Semantik kommt hinzu, daß der Fragebereich auch außerlinguistische Dinge, Ereignisse (Designata) betrifft, die sukzessiven Bereichen der Unsicherheit entsprechen. Aber auch hier ist die Information wesentlich auf die Anzahl der Auswahlschritte zurückzuführen); eine vollständige Meßbarkeit des "vorexplikativen" Inhalts wird sich schwerlich erreichen lassen. Auch in Gängs Theorie, die selbst hier im einzelnen nicht rekapituliert werden kann, ist eine Quantifizierung nur in bestimmten Fällen möglich:

Dort wird z.B. der Wert eines Ereignisses definiert als lineares Ähnlichkeitsmaß dieses Ereignisses mit dem Zielereignis: "In allen Fällen, in denen sich eine quantitative Beziehung zwischen Zielereignis und der Befriedigung eines Motivs herstellen läßt, ist eine motivrelevante Quantifizierung des Ereignisses durchaus möglich und damit auch die Bestimmung eines Ähnlichkeitsmaßes. Wenn etwa als Zielereignis der Erwerb einer bestimmten Summe Geldes, das Erlernen einer bestimmten Anzahl von Vokabeln u. dgl. gegeben ist, dann läßt sich die metrische Beziehung leicht definieren" (Gäng, p. 82); wenn es sich also um Häufigkeiten handelt. In anderen Fällen muß eine Quantifizierung wohl in analoger Weise wie im Abschnitt 3) vorgenommen werden. Weiter schreibt Gäng (p. 77): "Die beiden Sätze 'er ist gestorben' und 'er ist der physischen Negation seiner Existenz unterlegen' meinen zwar das gleiche, haben aber verschiedenen syntaktischen Informationsgehalt." In dem in Abschnitt 2) vorgeschlagenen Ansatz hätten auch diese beiden Sätze gleichen (semantischen) Informationsgehalt, da sie äquivalent sind, nämlich den gleichen Sachverhalt ausdrücken, demnach die Wahrscheinlichkeiten und deshalb auch die Informationsgehalte gleich sind. Zu

erwähnen ist noch, daß die beiden Sätze weder in Gängs noch in dem oben vorgeschlagenen Ansatz den gleichen Informationsgehalt haben müssen; der zweite Satz brauchte ja von einem Subjekt gar nicht verstanden zu werden!

Der Gewinn, auf dem die Gängsche Definition der pragmatischen Information basiert, ist als Erwartungswert [vgl. P. Gäng, p. 82, Definition 5, wo p (.) die Erwartungswahrscheinlichkeiten bezeichnet; es handelt sich wohl um subjektive Wahrscheinlichkeit;] für den Wert des Ereignisses gewählt worden, das bei Anwendung einer bestimmten Strategie eintreten würde, wird dazu aber nur die subjektive Wahrscheinlichkeit genommen (wie in Abschnitt 3)), so zeigt sich auch die Abhängigkeit der Information einer Nachricht von dem Grad der Neuigkeit der Nachricht und dem Grad des Interesses an der Nachricht, da die subjektiven Wahrscheinlichkeiten Funktionen des erwarteten Wertes des Ereignisses, also des Nutzens, darstellen. Somit entfällt das Problem der direkten Quantifizierung des Nutzens, da die Bestimmung der subjektiven Wahrscheinlichkeiten diese Quantifizierung schon impliziert. "... und geht man weiter davon aus, daß die möglichen Nachrichten nichts weiter verändern als die Erwartungswahrscheinlichkeiten für das Eintreten dieses Ereignisses.." (Gäng, p. 89).Nach oben Gesagtem spiegeln aber die (subjektiven) Erwartungswahrscheinlichkeiten allein schon die Abhängigkeit von Interesse und Neuigkeitswert wider, so daß dies gegenüber Abschnitt 3) keine Einschränkung darstellt. "Das Maß, das sich unter diesen Bedingungen für die pragmatische Information ergibt, stellt also begrifflich eine korrekte Verallgemeinerung des Maßes der syntaktischen Information dar.." (Gäng, p. 90), desgleichen aber auch das im Abschnitt 3) angegebene.

Es zeigt sich mithin, daß die hier vorgeschlagene und die Gängsche Theorie in wesentlichen Zügen miteinander zusammenfallen.

6. Abschließendes

In dieser Ausführung, in der Überlegungen aus der Diplomarbeit des Verfassers (1968) verwendet wurden, ist versucht worden, eine formale Theorie der Information zu skizzieren, die möglichst viele Aspekte aus dem breiten umgangssprachlichen Bedeutungsspektrum von "Information" berücksichtigt. Dazu wurde eine dem semiotischen Stufenaufbau entsprechende Dreiteilung in syntaktische, semantische und pragmatische Information vorgenommen und für alle drei Begriffe ein einheitlicher Formalismus angedeutet. Es wurde gezeigt, daß die Bar-Hillel-Carnapsche Theorie der semantischen Information sich zwar in diesen Formalismus einordnen läßt, jedoch keine Theorie der semantischen Information darstellt, da sie die syntaktische Stufe nicht überschreitet. Die von P. Gäng aufgestellte Theorie der pragmatischen Information läßt sich ebenfalls in

diesen Formalismus einordnen; es zeigt sich, daß sie mit der hier eingeführten Konzeption einer Theorie der pragmatischen Information in den wesentlichen Zügen zusammenfällt.

Ich möchte diese Arbeit meinem Lehrer und Betreuer meiner Diplomarbeit, Herbert Stachowiak, in Dankbarkeit widmen.

Schrifttumsverzeichnis

Bar-Hillel, Y., Carnap, R. — Semantic information. Brit. J. Sci. 4, 1953, 147-157.

Carnap, R., Stegmüller, W. — Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit. Wien 1958.

Gäng, P. — Pragmatische Information. Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 8/3, 1967, 77-90.

Kronthaler, E. — Wahrscheinlichkeit, Information und Hypothesenauswahl. Diplomarbeit FU Berlin 1968.

Shannon, C.E., Weaver, W. — Mathematical theory of communication. Illinois 1949.

Stachowiak, H. — Ein kybernetisches Motivationsmodell. In: Frank, H. (Hrsg.), Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, 2. Auflage, München 1964, 119-134.

Stachowiak, H. — Kybernetik. Handwörterbuch der Organisation Grochla, E. (Hrsg.), Stuttgart 1968, 909-924.

Stachowiak, H. — Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. 2. Aufl. Wien-New York, 1969.

Eingegangen am 13. Juni 1969

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Math. Engelbert Kronthaler, 1 Berlin 62, Meraner Str. 8

TOPOLOGISCHE STILCHARAKTERISTIKEN VON TEXTEN

von Walther L. Fischer, Erlangen

Im folgenden schlagen wir eine Methode zur Definition und Charakterisierung der Zusammenhangs- und Repetitionsstruktur von Texten vor. Unter dem Stichwort: "Texte als simpliziale Komplexe" erhalten wir im Anschluß an die Begriffsbildungen der (elementaren) Homologietheorie simplizialer Komplexe eine Homologietheorie der Texte, die zur Bildung verschiedener topologischer Stilcharakteristiken Anlaß gibt.

I. Homologietheorie der Texte

1. Gegeben sei eine endliche Doppelfolge $T = (w_{\mu\lambda})$ mit $\mu = 1, 2, \ldots, m$ und $\lambda = 1, 2, \ldots, l_\mu$. T heiße "Text", die Elemente $w_{\mu\lambda}$ "Worte". Die Folgen $\sigma_\mu = (w_{\mu\lambda})$ für μ = konstant nennen wir sinngemäß "Sätze von T". l_μ gibt die Anzahl der Worte im μ-ten Satz, d.h. die "Länge des Satzes σ_μ", m die Anzahl der Sätze von T, also die "Länge des Textes T" an.

2. Zur Beschreibung der Zusammenhangs- bzw. Repetitionsstruktur eines gegebenen Textes T bestimmen wir die homologischen Invarianten des Textnervs.

Wir betrachten dazu das System (V_μ) der "Vokabulare V_μ der Sätze σ_μ". Dabei definieren wir V_μ z.B. als die Menge der verschiedenen Worte im Satz σ_μ.

Sodann bilden wir den "Nerv $N(V_\mu)$ des Mengensystems (V_μ)" (Eilenberg-Steenrod, 1952). - Der Nerv eines Mengensystems (V_μ) ist ein geometrischer simplizialer Komplex, der dem System (V_μ) in folgender Weise zugeordnet wird:

Jeder der Mengen V_μ sei eineindeutig ein Punkt (0-Simplex) eines geeignet hochdimensionalen Euklidischen Raumes zugeordnet - wir bezeichnen ihn kurz durch den entsprechenden Index μ.

Die Punkte $\mu_0, \mu_1, \ldots, \mu_k$ spannen genau dann ein k-dimensionales Simplex $(\mu_0 \mu_1 \ldots \mu_k) = \sigma^k$ auf, wenn das System der zugehörigen V nicht-leeren Durchschnitt hat, wenn also

$$V_{\mu_0} \cap V_{\mu_1} \cap \ldots \cap V_{\mu_k} \neq \emptyset$$

Wir denken uns also insbesondere zwei Punkte i und j durch eine Strecke (= 1 - Simplex) verbunden, wenn $V_i \cap V_j \neq \emptyset$, d.h. in unserem konkreten Fall: wenn die entsprechenden Sätze (Vokabulare) mindestens ein Wort gemeinsam haben. Drei Punkte spannen eine Dreiecksfläche (2-Simplex) auf, vier Punkte ein Tetraeder (3-Simplex) ..., wenn die entsprechenden drei bzw. vier ... Sätze (Vokabulare) mindestens ein gemeinsames Element (Wort) aufweisen.

Die Menge der so gewonnenen Simplizes bildet einen (endlichen) simplizialen Komplex (Seifert-Threlfall, 1934) einer bestimmten Dimension d = n, den "Nerv $N(V_\mu)$".

3. Wie jeder (endliche) simpliziale Komplex K, so kann auch $N(V_\mu)$ in zweifacher Weise beschrieben werden: einmal durch das "Schema" des Komplexes - zum anderen durch die "Inzidenzmatrizen I_k".

Das Schema eines Komplexes besteht aus einem Verzeichnis der "Ecken" (= 0-Simplizes) und aus einem Verzeichnis, in welche Ecken-Tupel Simplizes eingespannt sind.

4. Den Begriff des "Textzusammenhangs" führen wir nun auf den Zusammenhang des Nervs des Systems der Satzvokabulare des betreffenden Textes T zurück. Dazu definieren wir: "Nerv des Textes T" $N(T) := N(V_\mu)$ Die homologischen (numerischen topologischen) Invarianten des Textnervs $N(T)$ sind die Zusammenhangszahlen (Betti-Zahlen modulo 2) - oder: wenn wir unter Berücksichtigung der Aufeinanderfolge der Sätze die Simplizes und damit den Komplex $N(T)$ orientieren: die Betti- und Torsionszahlen. Sie lassen sich nach bekannten Methoden der elementaren Homologietheorie simplizialer Komplexe über die Ränge r_k der Inzidenzmatrizen I_k berechnen (Seifert-Threlfall, 1934, § 21, § 87).

Die Inzidenzmatrizen I_k ($k = 0, 1, \dots, n-1$, n = Dimension des Komplexes)

I_k	σ_1^k	. . .	$\sigma_{\alpha_k}^k$
σ_1^{k+1}	ε_{11}^k	. . .	$\varepsilon_{1\alpha_k}^k$
.	.	. . .	.
.	.	. . .	.
.	.	. . .	.
$\sigma_{\alpha_{k+1}}^{k+1}$	$\varepsilon_{\alpha_{k+1}1}^k$	. . .	$\varepsilon_{\alpha_{k+1}\alpha_k}^k$

fassen die Inzidenzzahlen $\varepsilon^{k}_{\mu\lambda}$ zusammen. Sie sind definiert als

$$\varepsilon_{\mu\lambda} = [\sigma^{k+1}_{\mu}, \sigma^{k}_{\lambda}] = 1 \text{ oder } 0$$

je nachdem ob σ^{k}_{λ} als Seite in σ^{k+1}_{μ} auftritt oder nicht

bzw. im Falle orientierter Komplexe

$$\varepsilon_{\mu\lambda} = [\sigma^{k+1}_{\mu}, \sigma^{k}_{\lambda}] = +1, -1 \text{ oder } 0$$

je nachdem ob σ^{k}_{λ} in σ^{k+1}_{μ} als Seite mit gleichsinniger oder gegensinniger Orientierung auftritt oder ob σ^{k}_{λ} in σ^{k+1}_{μ} nicht als Seite enthalten ist.

Die Zusammenhangszahlen $\breve{b}_k$ bzw. die Bettizahlen b_k bestimmen sich zu

$$\breve{b}_k \text{ bzw. } b_k = \alpha_k - r_k - r_{k-1}$$

wobei α_k die Anzahl der k-dimensionalen Simplizes in N (T) und r_k, r_{k-1} den Rang der Inzidenzmatrizen I_k bzw. I_{k-1} bezeichnen.

Die Inzidenzmatrizen existieren nur für $k = 0, 1, \ldots, n-1$. Definieren wir

$$r_n = r_{-1} := 0,$$

so erhalten wir

$$\breve{b}_0 \text{ bzw. } b_0 = \alpha_0 - r_0$$

$$\breve{b}_n \text{ bzw. } b_n = \alpha_n - r_{n-1}$$

Die Torsionszahlen der Dimension k werden als die sogenannten "invarianten Faktoren der Inzidenzmatrizen" erhalten (Seifert-Threlfall, 1934, § 21, § 87).

II. Topologische Stilcharakteristiken von Texten

1. Die numerischen Invarianten des Textnervs

1. Im vorausgehenden haben wir die Wortdoppelfolge, als die sich uns ein Text aus unserer Sicht darstellt, zunächst auf die Mengenfolge der zugehörigen Satz-

vokabulare reduziert. Der Nerv dieses Mengensystems ist ein simplizialer Komplex einer bestimmten Dimension. Anschaulich gesprochen gibt der Nerv das Durchschnittsmuster des Systems der Satzvokabulare, die Repetitionsstruktur des Textes wieder.

Bei alledem betrachten wir den Text nicht als lineare Kette, deren Glieder in der Zeit erzeugt oder abgeschritten werden, sondern als "Textraum" - genauer als "Wortraum".

2. Im Anschluß an unsere Definition $N(T) := N(V_\mu)$ lassen sich die homologischen (numerischen) Invarianten des Textnervs als "topologische Stilcharakteristiken von T" interpretieren. Sie geben außerdem in verschiedenster Weise zur Bildung weiterer Stilcharakteristiken Anlaß.

2. Absolute Charakteristiken

1. Zunächst unterscheiden wir "absolute" von "relativen topologischen Charakteristiken", je nachdem sich die betreffenden Charakteristiken ohne oder mit Bezug auf andere Größen darstellen lassen.

2. Absolute topologische Charakteristiken eines Textes sind zunächst die numerischen Invarianten des Textnervs: d; $\check{b}_0, \check{b}_1, \ldots, \check{b}_n$; die Eulersche Charakteristik χ.

3. Die Dimension $d = n$ des Textnervs $N(T)$ ist das Maximum der Dimensionen der Simplexe im Komplex $N(T)$. $\dim(N(T)) = n$ bedeutet also, daß es im Text T $n + 1$ Sätze (Vokabulare) gibt, die mindestens ein Element (Wort) gemeinsam haben, daß aber alle Tupel von Sätzen aus T mit mehr als $n + 1$ Gliedern leeren Durchschnitt haben. Je mehr Wortwiederholungen im System der Sätze von T auftreten, einen umso höher-dimensionalen Komplex werden wir als Textnerv erhalten. So sind die Textnerven gewisser Texte von Gertrude Stein oder Eugen Gomringer sehr hoch-dimensional, während die 'Cantos' von Ezra Pound nieder-dimensionale Nerven haben. Hoch-dimensionaler Textnerv weist in jedem Fall auf eine syntaktische Textkonzeption hin; niederdimensionaler Textnerv ist häufig ein Anzeichen für semantische Textkonzeption.

4. Im Umfang der Begriffsbildung der Topologie sagen wir:
- der Text T ist "zusammenhängend", wenn $\check{b}_0 = 1$
- der Text T "zerfällt in s Textkomponenten", wenn $\check{b}_0 = s$

- der Text T ist "n-fach zusammenhängend", wenn $\breve{b}_0 = 1$ und $\breve{b}_1 = n - 1$ ist.

Im Hinblick auf die Menge der Systeme von je k + 1 Sätzen charakterisieren wir den Text T weiter durch die Zusammenhangszahlen $\breve{b}_k$ der Dimension k ($k > 1$).

5. Die Eulersche Charakteristik χ kann aus den $\breve{b}_k$ abgeleitet werden. Es ist $\chi = \sum_{k=0}^{d} (-1)^k \breve{b}_k$. Ist α_k die Anzahl der k-Simplizes im Komplex, so läßt sich χ auch darstellen in der Form $\chi = \sum_{k=0}^{d} (-1)^k \alpha_k$.

Im Sonderfall 2-dimensionaler Textnerven $\mathcal{N}$ (T) können wir den ganzen Begriffsapparat aus dem Umkreis der Eulerschen Charakteristik zur Charakterisierung von Texten heranziehen. Wir können von "Textflächen" sprechen, die "geschlossen" oder "nicht geschlossen" sind, können die Textflächen nach ihrem topologischen "Geschlecht" unterscheiden, können bei Einführung einer Orientierung von $\mathcal{N}$ (T) von "orientierten" Flächen sprechen, von "torsionsfreien" Texten und von solchen mit "Torsion". Eine Textfläche vom Geschlecht 0 können wir auch "Textkugel" nennen, eine vom Geschlecht 1 einen "Texttorus", ... weil die zugehörigen Nerven (Komplexe) topologisch äquivalent mit den betreffenden Flächen sind. Wir werden diese Sonderfälle in einer folgenden Note behandeln.

3. Vergleich verschiedener Texte bzw. Autoren

Sollen nun verschiedene Texte (Autoren) oder die einzelnen Komponenten eines Textes bezüglich ihrer algebraisch-topologischen Stilcharakteristiken verglichen werden, so bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an.

A. Absolute Charakteristiken:

1. Wir normieren die Anzahl der Sätze in den Textproben, die wir einem Vergleich der Texte zugrunde legen wollen und bestimmen jeweils (z. B. für m = 100) die numerischen Invarianten des Textnervs.

2. Zum Vergleich von Texten eignet sich weiter die jeweilige Mindestlänge des Textanfangs
- für das Auftreten eines k-Simplexes (k = 1, 2, ..., n - 1)
- für den Zerfall des Textanfangs in 2, 3, ... Komponenten

- bei einfachem Zusammenhang: dafür, daß der betr. Textanfang 2-, 3-, ... fach zusammenhängend wird.

Allgemeiner bilden wir Diagramme, die das Auftreten eines k-Simplexes bzw. die Anzahl der Komponenten in Abhängigkeit von der Länge des Textanfangs zeigen.

3. Texte lassen sich auch dadurch vergleichen, daß man die Kardinalzahlen der die Simplizes tragenden Vokabulardurchschnitte in den einzelnen Dimensionen berücksichtigt, daß man - m.a.W. - zum "bewerteten Textnerv" übergeht. Man kann dabei insbesondere die jeweilige maximale Kardinalzahl der Trägerdurchschnitte in den einzelnen Dimensionen diagrammatisch erfassen und zum Vergleich heranziehen.

B. Relative Charakteristiken:

Andere Vergleichsmöglichkeiten relativieren die numerischen Invarianten des Textnervs bzw. seiner Komponenten durch Beziehung auf gewisse Standardgrößen (Werte im Maximal- oder Minimalfall) oder durch Anwendung (elementarer) statistischer Methoden.

1. Zunächst bietet es sich an, die Häufigkeitsverteilung der k-Simplizes im Text zu bestimmen und beim Vergleich zweier Texte die Summe der Differenzen der entsprechenden Werte aus den beiden Verteilungen als Unterschiedsindex zugrunde zu legen.

2. Der Unterschiedsindex kann durch Beziehung auf Extremalfälle normiert werden. Der Maximalfall liegt vor, wenn im Text der Länge m alle Sätze (Vokabulare) (mindestens) ein Element gemeinsam haben. Der Textnerv ist dann ein simplizialer Komplex mit größtmöglicher Dimension, $d_{max} = m - 1$; er besteht nur aus einer Komponente und ist das (m-1)-Simplex. Dieses hat insbesondere $\binom{m}{k}$ k-dimensionale Seiten (k= 0, 1, ..., m). - Der Minimalfall ist durch einen Text T gegeben, in dem keine zwei Sätze ein gemeinsames Element enthalten. Der zugehörige Textnerv besteht aus m isolierten Punkten, er ist also 0-dimensional, total unzusammenhängend und besteht aus m Komponenten.

Man kann natürlich auch die Abweichung der Häufigkeitsverteilung eines Merkmals eines gegebenen Textes von den Extremfällen als Charakteristik des Textes einführen und zu Vergleichen heranziehen. Insbesondere kann man - etwa unter der Bezeichung: "relative Dimensionalität" - die Dimension des Textnervs auf die theoretisch maximale Zahl d_{max} beziehen: $d_{rel} := d/d_{max}$.

3. Auch in der Häufigkeitsverteilung der Simplizes von N (T) kann man nicht nur deren Anzahl, sondern auch deren "Gewicht" - d.h. die Kardinalzahl der definierenden Vokabulardurchschnitte - mitberücksichtigen und beim Vergleich von Texten für die Gewinnung von Unterschiedsindizes verwenden. Dabei gewinnen wir insbesondere über die "Stärke" des Zusammenhangs in den einzelnen Dimensionen einen Anhalt, wenn wir jeweils die Summe der Gewichte der k-Simplizes (für festes k) in Beziehung setzen zur Gesamtsumme der Gewichte der Simplizes aller Dimensionen des Textes bzw. der Komponente.

4. Feinstrukturen

Der Textnerv erfaßt so, wie wir ihn definiert haben, zunächst nur sehr grobe Strukturen. Schon einfache Repetitionen innerhalb eines Satzes oder Textes wie

"das hat er gesagt, das hat er, hat er gesagt, das ..."

läßt er unberücksichtigt. Dieser Mißstand kann freilich leicht behoben werden.

1. Wir fassen den Text nicht mehr als "Satzfolge" auf, sondern als "Folge von Sektionen", wobei wir als "Sektion" je nach den Erfordernissen "Teilsätze", Wortfolgen von Komma zu Komma u. ä. definieren. Die der Nervbildung zugrunde gelegten Mengen sind dann die zugehörigen "Vokabulare der Sektionen".

2. Auch die zur Nerv-Bildung erforderlichen "Vokabulare" V_μ kann man anders als bislang geschehen definieren. Statt V_μ als die Menge der verschiedenen Worte im Satz $\mathfrak{T}_\mu$ zu betrachten, kann man im Nerv auch das Durchschnittsmuster bestimmter "Wortklassen" anvisieren. Man kann V_μ als die Menge der Adjektive, als die Menge der Substantive, ..., als die Menge der Adjektive und Substantive, ..., als die Menge der Silben, die Menge der Morpheme, die Menge der Phoneme ... im μ-ten Satz definieren. In Abhängigkeit davon wird sich jeweils auch das Durchschnittsmuster, der Nerv N (T) in anderer Weise ergeben. So macht es z. B. den ästhetischen Reiz mancher Gedichte aus, daß sich der "Laut-Nerv" vom "Schriftwort-Nerv" unterscheidet, daß, während der "Schriftwort-Nerv" zerfällt, der "Laut-Nerv" zusammenhängend ist.

Fragen wir nach dem Nerv der Konjunktionen und Negationen, oder genauer: nach dem Nerv der logischen Funktoren, so erhalten wir das "Durchschnittsmuster der logischen Verknüpfungen" des Textes, ein "logisches Netz". Entsprechend können wir den ikonischen, symbolischen oder indexikalischen Nerv des Textes bilden und durch seine numerischen Invarianten stilistisch charakterisieren.

3. Numerische Invarianten eines Textes lassen sich also in verschiedener Weise gewinnen, je nachdem wie man das erforderliche Mengensystem (V_μ) definiert. Man kann insbesondere - im Gegensatz zu den bisher angeführten Möglichkeiten - auch nach dem Durchschnittsmuster des Textes bezüglich gemeinsamer Elementenpaare, -Tripel, ... in den einzelnen Mengen V_μ fragen.

4. Um weitere Informationen zu erhalten, können wir den Nerv selbst in verschiedener Weise analysieren. Lassen wir den Nerv - vom Computer - als Text ausdrucken, so können wir den Nerv dieses Textes, also: den Nerv des Nervs bestimmen und seine Charakteristiken berechnen.

Der Nerv des Nervs kann dabei u. U. aus mehr "Sätzen" bestehen als der Originaltext, wenn seine "Sätze" i. a. auch ein geringeres Vokabular und eine geringere Länge als die Originalsätze haben werden.

Man könnte auch erwägen, die statistischen Stilcharakteristiken des als Text ausgeschriebenen Textnervs zu ermitteln.

5. Eine andere Möglichkeit Feinstrukturen des Nervs - und damit des vorgelegten Textes - zu erfassen, liegt darin, daß wir den Nerv zum bewerteten simplizialen Komplex ausgestalten dadurch, daß wir die Kardinalzahlen der jeweiligen Vokabulardurchschnitte verwerten.

Mit jedem Text sind dann i.a. mehrere Komplexe (Nerven) verschiedener "Repetitionsordnung" verbunden, je nachdem man den Nerv des Vokabularsystems durch Durchschnitte von der Kardinalzahl höchstens 1, höchstens 2, ... definiert. Auf das Gleiche läuft es hinaus, wenn man den bewerteten Komplex, den man durch Berücksichtigung der Vokabulardurchschnitte erhält, schrittweise abbaut, indem man die Gewichte der Simplizes jeweils um 1 verringert. Man erhält so zu jedem Text eine "absteigende Folge von bewerteten Nerven".

Das System der numerischen Invarianten der Nervenfolge kann statistisch verwertet werden. Wir können die mittlere Anzahl der gemeinsamen Elemente pro Satzpaar, pro Satztripel, ... erfragen, d. h. also das mittlere Gewicht in den einzelnen Dimensionen; auch die Häufigkeitsverteilung der Gewichte in den einzelnen Dimensionen wird von Interesse sein.

Zur Normierung wird man wieder an die theoretisch möglichen Extremfälle denken - an den Maximalfall, in dem sämtliche Sätze das gleiche

Vokabular haben, dessen Nerv also nicht nur maximale Dimension hat, sondern in dem auch alle Simplizes gleiches Gewicht haben, nämlich die Kardinalzahl des (allen Sätzen gemeinsamen) Vokabulars V. Diese Anzahl ist gleich der Anzahl der verschiedenen Wörter des Vokabulars des Textes. Gewisse Texte von Gertrude Stein und von Eugen Gomringer erreichen diesen Extremfall nahezu oder ganz. Dabei können in solchen Texten die Satzlängen durchaus verschieden sein und auch die Anordnung der Worte von Satz zu Satz permutieren. -

6. Abschließend bemerken wir noch, daß die erhaltenen topologischen Stilcharakteristiken zur Gewinnung von Charakteristiken nach dem Birkhoffschen Ästhetikmaß eingesetzt werden können - und, daß man im Hinblick auf Feinstrukturen den Unterschied von orientierten und nicht-orientierten Nerven (Komplexen) berücksichtigen kann. Dies erweist sich vor allem bei der Analyse und Charakterisierung von Texten mit symmetrischer Struktur ("Ein Neger mit Gazelle zagt im Regen nie") von Bedeutung. - Über die Behandlung visueller Textflächen über den Zeilen- und Spaltennerv von (Text-)Matrizen berichten wir in einer eigenen Note.

Bei langen Texten - insbesondere bei langen Prosatexten - werden i.a. "Sättigungswerte" für die Dimension und den Zusammenhang zu erwarten sein. Mit zunehmender Länge des zur Untersuchung herangezogenen Textanfangs nimmt die Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei Hinzunahme eines neuen Satzes ein Wort auftritt, das bereits in einem der vorangehenden Sätze vorhanden war, zu. Die Abschätzung dieser Wahrscheinlichkeit und die Frage "wie schnell" Sättigungen auftreten, werden daher für lange Texte von Bedeutung sein.

Schrifttumsverzeichnis

Eilenberg, S., Steenrod, N. — Foundations of Algebraic Topology, Princeton 1952

Fischer, W. L. — Topological Invariants of Matrices, Computing, in Vorbereitung

Fischer, W. L. — Texte als simpliziale Komplexe, Beitr. z. Linguistik u. Inform. Verarb., H. 17

Hilton, P. J., Wylie, S. — Homology Theory, Cambridge 1960

Seifert, H., Threlfall, W. — Lehrbuch der Topologie, Leipzig 1934

Eingegangen am 8. Juli 1969

Anschrift des Verfassers:
Dr. Walther L. Fischer, Mathematisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, 852 Erlangen, Bismarckstr. 1 1/2

EINE SPRACHE FÜR DEN LEHRPROGRAMMIER-DIALOG ZWISCHEN MENSCH UND RECHNER. (Die Sprache zum Rechnerprogramm DIALOG-ALZUDI)

von Klaus-Dieter Graf, Berlin

1. Im Zusammenhang mit den Ansätzen zur Lehrprogrammierung unter Zuhilfenahme von Rechnern schlug der Verfasser die Entwicklung von Dialog-Didaktiken vor (Graf, 1969 a). Darunter sind Rechnerprogramme zu verstehen, die beim Vorliegen von Lehrstoff und anderen didaktischen Daten das Aufstellen eines Lehrprogramms im Verlaufe eines gesprächsartigen Informationsaustauschs zwischen einem Menschen und einem Rechner steuern. Dabei erledigt jeder der Partner die Aufgaben, zu denen er in besonderer Weise befähigt ist. Vereinfachend gesehen löst der Rechner die informationstheoretischen Probleme, der Mensch die semantischen und logischen.

2. Für den Benutzer eines solchen Systems ist u. U. gar nicht der eigentliche Programmablauf von Interesse, sondern lediglich die dabei zu verwendende Dialog-Sprache. Eine solche soll hier für das bereits realisierte Beispiel einer Dialog-Didaktik, nämlich DIALOG-ALZUDI dargestellt werden.

Die Dialog-Sprache besteht aus allen zulässigen Eingaben in den Rechner und allen zulässigen Ausgaben des Rechners. Eine Ein- oder Ausgabe ist eine Zeichenfolge (aus Elementen des Fernschreiber-Codes), die durch ein Endezeichen ";" bzw. "(63)" abgeschlossen ist. Eine Ein- oder Ausgabe heißt zulässig, wenn sie bezüglich des Dialogs für beide Partner semantische Information enthält. Das soll heißen, daß sie zu mindestens einem Zeitpunkt im Verlaufe des Dialogs eine Fortsetzung oder die planmäßige Beendigung des Dialog-Programms bewirkt. Die zusätzlich im Verlaufe des Dialogs vom Rechner gespeicherten Lehrschritte in der Form wie sie von beiden Partnern akzeptiert wurden, werden nicht zu den Bestandteilen der Dialog-Sprache gerechnet.

Die Dialog-Beiträge gliedern sich in produktive und kritische. Zu den ersteren gehören im wesentlichen Vorschläge, mit welchem Begriff sich das Lehrprogramm als nächstes befassen sollte, und konkrete Formulierungen von Lehrquanten oder Fragen zu diesen Begriffen. Die kritischen Beiträge befassen sich mit der Zulässigkeit der gemachten Vorschläge hinsichtlich der zugrundeliegenden Didaktiken der beiden Partner.

3. Bei DIALOG-ALZUDI werden die produktiven Beiträge des Rechners aufgrund der Formaldidaktik ALZUDI 2 erzeugt, die kritischen bewirkt ein Zusatzprogramm, das gleichzeitig den Dialog steuert (MONITOR-Programm). ALZUDI 2

ist ein Rechnerprogramm, das im wesentlichen lineare Lehrprogramme erstellen kann, die Zuordnungen zwischen den Elementen verschiedener Begriffsmengen einüben (Frank 1967, Graf 1969).

Das Ablaufprinzip des Lehrprogrammier-Dialogs ist in Bild 1 dargestellt. Die Normierung der Eingabetexte entspricht vollständig der für ALZUDI 2, deren Auswertung erfolgt ebenso wie beim Ablauf dieser Formaldidaktik. Zusätzlich wird nur eine numerierte Liste der Zuordnungen ausgegeben, die der Rechner aus dem Lehrstoff aufgestellt hat; die Reihenfolge ist die der vorgesehenen Einführung dieser Zuordnungen ins Lehrprogramm.

Der Dialog beginnt, wenn der Rechner den ersten (einführenden) Lehrschritt aufgebaut hat (nähere Erläuterung in Graf 1969 a).

4. Beschreibung der Sprache für DIALOG-ALZUDI

Es folgt eine vollständige Beschreibung aller zulässigen Dialog-Beiträge, gegliedert in Eingaben (des Menschen) und Ausgaben (des Rechners). Der Durchschnitt der beiden Mengen ist nicht leer, die Vereinigung ist echt größer als jede der Einzelmengen. Wir unterscheiden jeweils:

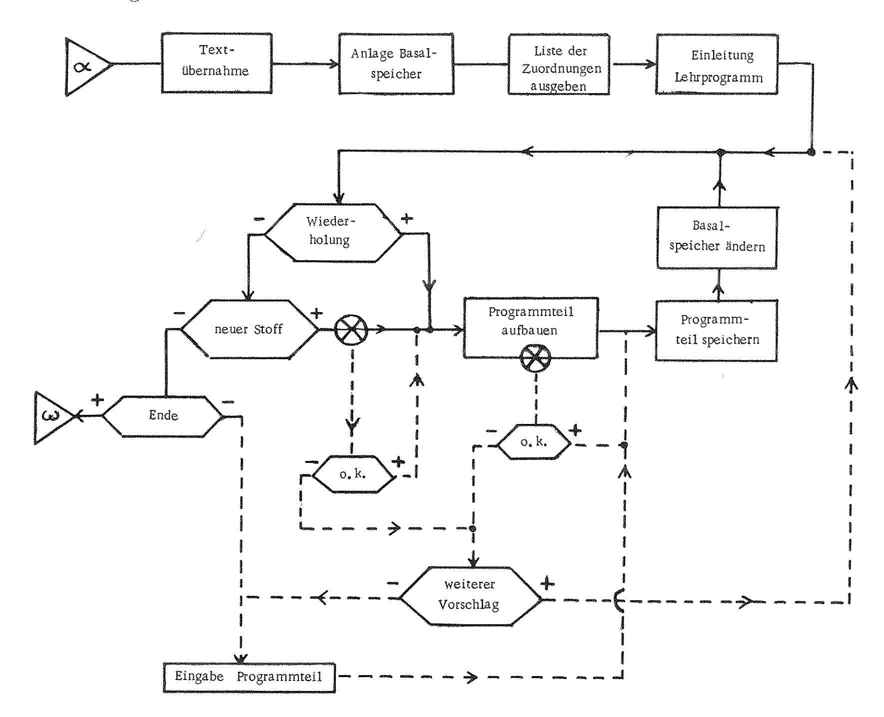


Bild 1 Blockstruktur von DIALOG-ALZUDI

INH: inhaltliche Beiträge (bezüglich des Lehrprogramms),
K: Kommentare
IMP: imperative Beiträge und
F: Fragen (bezüglich des Dialogs).

Um das Erlernen und den Umgang mit der Dialog-Sprache zu erleichtern, wurde in Anlehnung an die menschliche Verkehrssprache ein mnemotechnischer Code gewählt.

Eingaben: (durch den Menschen)

INH: M1. "lehrquant", "frage", "antwort" (Jedes Lehrquant, jede Frage oder Antwort im Zusammenhang mit dem vorgegebenen Lehrstoff als konstruktiver Beitrag zum Lehrprogramm)

M2. "i" (Jede Zuordnungsnummer i, die sich aus der unter 3. erwähnten Liste der Zuordnungen ergibt)

M3. "0" (Die Zuordnungszahl "0", um einen Beitrag anzukündigen, der sich nicht auf eine bestimmte Zuordnung bezieht, wohl aber auf den Lehrstoff)

K: M4. ";" (Endezeichen, meldet Ende der Eingabe an den Rechner)

M 5. "#" (Irrungszeichen, meldet Fehler in der Eingabe und kündigt nachfolgende Richtigstellung an)

IMP: M 6. "101" (verlangt das Ende des Wiederholungsteils der Lehrprogrammierung, also Beginn der abschließenden Lehrschritte)

M 7. "+" (codiert die Antwort "ja" auf eine Frage des Rechners und veranlaßt weitere Abwicklung des Dialogs in eine bestimmte Richtung)

M 8. "-" (codiert die Antwort "nein").

Ausgaben: (durch den Rechner)

INH: R 1. "LEHRQUANT", "FRAGE", "ANTWORT" (Jedes Lehrquant, jede Frage oder Antwort, das bzw. die aus dem vorgegebenen Lehrstoff einschließlich der Grundformen nach der Formaldidaktik ALZUDI 2 aufgebaut wird, als konstruktiver Beitrag zum Lehrprogramm)

R 2. "I" (Zuordnungsnummern "I" gemäß der Liste der Zuordnungen)

K: R 3. "(63)" (Endezeichen, codiert das Ende einer Ausgabe, wird selbst nicht ausgegeben)

R 4. "#" (Irrungszeichen, weist zurück: 1. eine zu lange Eingabe (M 1., mehr als 200 Zeichen), 2. nicht zulässige Eingaben, 3. zulässige Eingaben, die an dieser Stelle des Dialogs keine semantische Information enthalten)

R 5. "ZU GROSS" (weist Zahlen "i" zurück, die größer sind als die Gesamtzahl der Zuordnungen und kleiner als 101)

R 6. "LETZTE ERWAEHNUNG" (weist darauf hin, daß für die gerade zur Auswahl stehende Zuordnung mit der nächsten Erwähnung der Sollwert erreicht wird)

R 7. "NUR ZUORDNUNG I VERWENDEN" (weist darauf hin, daß eine folgende Eingabe gemäß M 1. sich auf die Zuordnung "I" beziehen muß)

R 8. "SOLL FUER ZUORDNUNG I ERREICHT"

IMP: R 9. "GIB ZUORD. NR." (verlangt die Eingabe einer ganzen Zahl gemäß M 2. - M 4., auf die sich die folgende Eingabe gemäß M 1. beziehen soll)

R10. "GIB LQ" (verlangt die Eingabe eines Lehrquants gemäß M 1.)

R11. "GIB FRAGE ODER LEHRQUANT"

R12. "GIB ANTWORT ODER ;"

F: R13. "OK" (verlangt bezüglich einer vorher erfolgten Ausgabe Zustimmung oder Ablehnung gemäß M 7. oder M 8.)

R14. "LS ERW." (erfragt, ob ein rechnererzeugter Anfangs- oder Endlehrschritt ausgegeben werden soll)

R15. "LS SPAETER" (erfragt, ob ein abgelehnter Lehrschritt später nochmals vorgeschlagen werden soll)

R16. "ZYKLUS" (verlangt Entscheidung, ob der Eröffnungsteil des Lehrprogramms abgeschlossen und mit dem eigentlichen Lehrprogramm begonnen werden soll)

R17. "ENDEN" (verlangt Entscheidung, ob der Dialog beendet werden soll)

R18. "NEUEINFUEHRUNG I" (erfragt, ob die Zuordnung Nr. "I" als nächste im Lehrprogramm eingeführt werden soll)

R19. "UEBERHAUPT ETWAS NEUES" (erfragt im Falle einer ablehnenden Antwort auf R 18., ob eine andere Zuordnung zur Neueinführung gesucht werden soll)

R20. "LQ I" (erfragt, ob für das nächste erforderliche Lehrquant die Zuordnung Nr. "I" verwendet werden soll)

R21. "FRAGE I"

R22. "SELBST" (erfragt, ob bezüglich der eben festgelegten Zuordnungsnummer der Mensch selbst eine Eingabe nach M 1. machen will)

R23. "SCHON FERTIG, DENNOCH" (erfragt, ob für eine Zuordnung, deren Sollwert schon erreicht ist, dennoch eine weitere Eingabe erfolgen soll)

R24. "NOCH EIN VORSCHLAG" (erfragt bei Ablehnung einer Zuordnungsnummer oder einer Ausgabe nach R 1., ob ein weiterer Vorschlag für eine Zuordnung gemacht werden soll)

R25. "WOLLEN SIE" (erfragt, ob die letzte notwendige Erwähnung einer Zuordnung jetzt stattfinden soll).

5. Sprachfluß-Diagramme

Die Kenntnis der Sprachelemente genügt natürlich noch nicht, diese im Dialog auch korrekt anzuwenden. Zwar ist hier keine eigentliche Grammatik erforderlich, da jeder Dialog-Beitrag nur aus einem Element besteht. (Im Sinne der Verkehrssprache kann ein Element selbstverständlich mehrere Wörter enthalten). Jedoch muß zusätzlich für jede Stelle im Dialog festgelegt werden, welche Sprachelemente "im engeren Sinne zulässig" sind, d. h. zu einer echten Forsetzung des Dialogs führen und nicht mit einem Irrungszeichen zurückgewiesen werden (vgl. R 4.).

Das gesamte Verhalten des Rechners ist vorprogrammiert; damit sind es auch dessen Dialog-Beiträge. Variationen erfolgen nur auf Veranlassung des Menschen hin (vgl. R 19. und R 24.).

Das Vorgehen des Menschen, d. h. seine Dialog-Beiträge sind in bestimmten Grenzen frei, der Rahmen wird durch die beiden nachfolgenden Sprachfluß-Diagramme abgesteckt (Bild 2 und 3). Das erste bestimmt den Sprachfluß bei der Erstellung der Anfangs- und Endlehrschritte, das zweite bei der Generierung der Lehrschritte, die sich mit den Zuordnungen des Lehrstoffs befassen.

Die Operationskästchen enthalten jeweils Sprachelemente aus dem in Abschnitt 4 gegebenen Katalog; solche des Menschen sind durch doppelte untere Begrenzungslinien und durch Kleinschreibung gekennzeichnet.

Bei den Entscheidungskästchen sind zwei Arten zu unterscheiden. Einmal handelt es sich um solche, die Fragen des Rechners enthalten. Die Verzweigung erfolgt dann je nach dem Antwort-Element des Menschen ("+"/"-"). Die nur mit Zahlen beschrifteten Kästchen dagegen stellen Entscheidungen des Rechners dar, auf die der Mensch keinen unmittelbaren Einfluß hat und die nur durch die Art und Weise der Fortsetzung des Dialogs erkennbar werden. Die Kriterien sind am Schluß dieses Abschnittes aufgeführt.

Bei einigen Kästchen sind zwei (durch eine gestrichelte Linie) getrennte Elemente angegeben. Dann tritt im Dialog jeweils der Fall ein, der sinngemäß beim Aufbau eines Lehrquants bzw. einer Frage zutrifft.

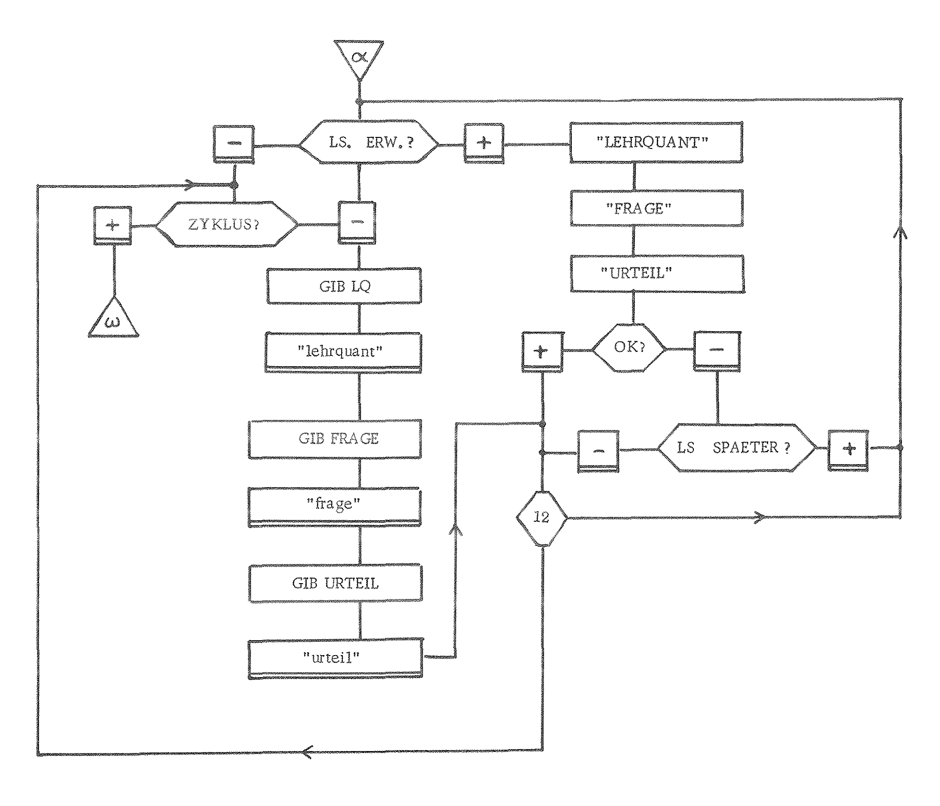


Bild 2

Nicht in den Diagrammen enthalten sind die Verzweigungen, die sich aus nicht zulässigen bzw. lokal nicht zulässigen Eingaben ergeben. In der Regel erfolgt dann vom Rechner die Wiederholung der vorhergehenden Ausgabe.

Liste der Verzweigungskriterien des Rechners:

1. Gibt es noch weitere Zuordnungen, die nicht eingeführt sind?
2. Wurde Neueinführung vorgesehen?
3. Ist die eingegebene Zuordnungsnummer 101?
4. Ist die eingegebene Zuordnungsnummer größer als die Zahl der Zuordnungen überhaupt?
5. Ist die Zuordnung, deren Nummer eingegeben wurde, schon im Lehrprogramm eingeführt?
6. Hat die Zuordnung, deren Nummer eingegeben wurde, schon den Sollwert erreicht?

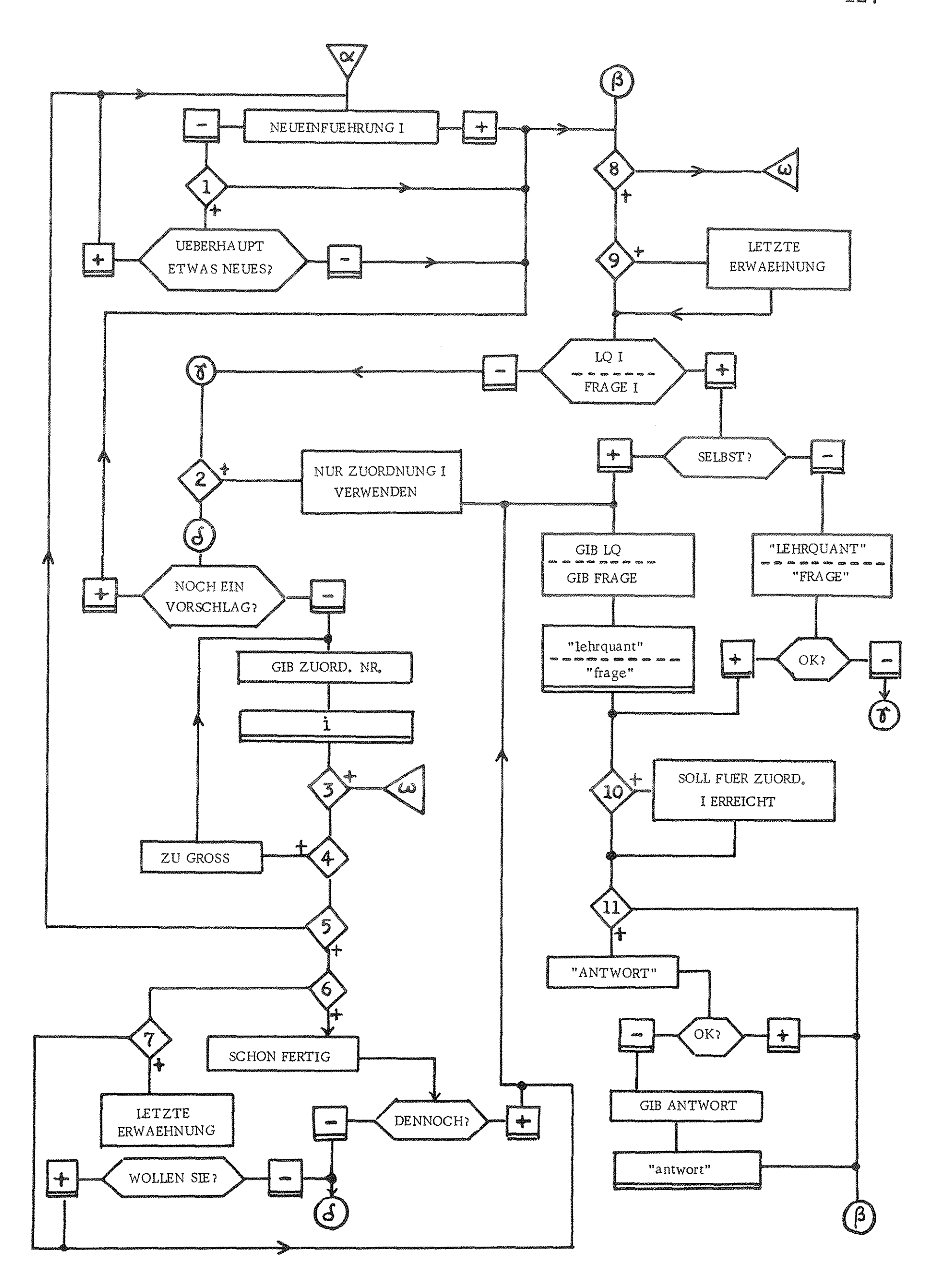

α
β
NEUEINFUEHRUNG I
1
8
ω
UEBERHAUPT ETWAS NEUES?
9
LETZTE ERWAEHNUNG
LQ I
FRAGE I
γ
SELBST?
2
NUR ZUORDNUNG I VERWENDEN
δ
GIB LQ
GIB FRAGE
"LEHRQUANT"
"FRAGE"
NOCH EIN VORSCHLAG?
"lehrquant"
"frage"
OK?
GIB ZUORD. NR.
i
3
ω
10
SOLL FUER ZUORD. I ERREICHT
ZU GROSS
4
5
11
"ANTWORT"
6
OK?
7
SCHON FERTIG
LETZTE ERWAEHNUNG
DENNOCH?
GIB ANTWORT
WOLLEN SIE?
"antwort"
δ
β

Bild 3

7. Wird der Sollwert bei der nächsten Erwähnung erreicht?
8. Sind noch Zuordnungen neu einzuführen oder zu wiederholen?
9. Ist nur noch eine Erwähnung der Zuordnung erforderlich?
10. Ist der Sollwert erreicht?
11. Wurde eben eine Frage aufgebaut?
12. Sind noch vorprogrammierte Anfangs- (bzw. End-) Lehrschritte vorhanden?

Schrifttumsverzeichnis

Frank, H.	Zur Objektivierbarkeit der Didaktik. In: Programmiertes Lernen 1, 1 - 5 (1967).
Graf, K.-D.	Rechnergesteuerte Erzeugung von Lehrprogrammen nach ALZUDI 2. In: Neue Unterrichtspraxis 3, Hefte 5 und 6, 1969.
Graf, K.-D.	Programmierter Dialog zur Erzeugung von Lehrprogrammen. In: Zeitschrift für erziehungswissenschaftliche Forschung 4, Heft 1, 1970.

Eingegangen am 11. Juli 1969

Anschrift des Verfassers:
Dr. Klaus-Dieter Graf, 1 Berlin 15, Uhlandstraße 29

DENKMODELL ZUM THEMA ABSTRAKTION

von Hans-Werner Klement, Bad Homburg

In seinem Aufsatz "Bewußtsein als Informationsraffer" weist Gotthard Günther (1969) darauf hin, daß beim Menschen als dem komplexesten der uns bekannten biologischen Systeme mit dem Bewußtsein die Fähigkeit zur Abstraktion, d.h. zu drastischer Raffung von Information, verbunden ist. Gerade diese Fähigkeit, bei höheren Tieren nur rudimentär vorhanden, gebe dem Menschen seine spezifischen Möglichkeiten der Informationsverarbeitung. Günther ergänzt mit seinen Ausführungen den Aufsatz des Verfassers "Hat das Bewußtsein eine Aufgabe?" (Klement, 1968), in dem die zunehmende Abstraktion beim vorsprachlichen Denken, beim Denken in Umgangssprachen und schließlich beim Denken in Formalsprachen gestreift wurde. Die Ausführungen von Günther regen zu den folgenden Überlegungen an.

Die Komplexität eines Systems ist eine Funktion der Zahl seiner Elemente, der Zahl der möglichen Zustände der einzelnen Elemente sowie der Zahl und Anordnung ihrer Verknüpfungen. Ohne hierauf näher eingehen zu müssen, können wir die Komplexität eines Systems, das von einem anderen System beschrieben werden soll, als K_b bezeichnen. Die Komplexität K_b kann durch Abstraktion herabgesetzt werden, z.B. durch die Zusammenfassung mehrerer Elemente in Klassen. Den Grad der Reduktion der Komplexität bei diesem Prozeß wollen wir als R bezeichnen. Die reduzierte Komplexität sei K_b^*. Zum näheren Studium der Verhältnisse können wir uns nun mit der Beziehung

$$K_b^* = \frac{1}{1 + R} K_b \qquad (1)$$

ein plausibles Denkmodell schaffen, bei dem K_b^* gleich K_b ist, wenn keine Reduktion der Komplexität vorgenommen wird, und bei dem K_b^* mit zunehmendem Grad der Reduktion gegen 0 geht.

Wir können dabei noch den Abstraktionsfaktor sowie das Abstraktionsverhältnis definieren und für diese Größen folgende Werte angeben:

R	Abstraktionsfaktor $\alpha = 1 + R$	Abstraktionsverhältnis $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{1 + R}$
0	1	1
∞	∞	0

Dem zu beschreibenden System mit der Komplexität K_b stellen wir nun das beschreibende System mit der Komplexität K_a gegenüber. Dabei sei $K_a - d$ die maximale Komplexität, die von einem System mit der Komplexität K_a beschrieben werden kann. Hat das zu beschreibende System eine höhere Komplexität, so muß diese reduziert werden, und für $K_b > K_a - d$ muß sein

$$K^{*}_b \leqq K_a - d$$

$$\frac{1}{1 + R} K_b \leqq K_a - d \quad . \qquad (2)$$

Dabei ist R nun als Funktion der Komplexität des beschreibenden Systems zu betrachten und drückt dessen Abstraktionsfähigkeit aus. Aus der Beziehung (2) folgt

$$K_b \leqq (K_a - d)\ (1 + R) \quad , \qquad (3)$$

und es ist evident, daß K_b je nach dem Verlauf der Funktion R (K_a) Werte erreichen kann, die weit über K_a liegen. Das bedeutet, daß ein System mit der Komplexität K_a Systeme beschreiben kann, die wesentlich komplexer als es selbst sind, wenn es über ausreichende Fähigkeit zur Abstraktion verfügt. Die Beschreibung ist dann eine Abstraktion, entspricht aber im übrigen der Wirklichkeit.

Denkbar sind nun auch Systeme mit variablem K_a und entsprechend variabler Fähigkeit zur Abstraktion R (K_a). Ein solches System wird entsprechend Beziehung (3) dann die maximale Fähigkeit zur Beschreibung von Systemen haben, die komplexer als es selbst sind (K_b = max.), wenn K_a und R (K_a) in einem besonders günstigen Verhältnis zueinander stehen.

Was den Menschen anbetrifft, hat der Verfasser in dem eingangs erwähnten Aufsatz den Standpunkt vertreten, es müsse mit dem vorsprachlichen Denken ein Meta-System der Umgangssprachen geben, mithin ein System, das komplexer als die Umgangssprachen, aber weniger abstrakt als diese ist. Die Umgangssprachen sind ihrerseits komplexer, aber weniger abstrakt als die Formalsprachen, deren Meta-Sprachen sie sind. Es besteht also ein Gefälle der Komplexität bei - erheblicher - Zunahme der Abstraktion bzw. Abstraktionsfähigkeit. In Übereinstimmung mit unserer Beziehung (3) können wir nun sagen, daß es eine Sprache mit der Komplexität K_a geben muß, bei der die Komplexität K_b der mittels dieser Sprache beschreibbaren Systeme ein Maximum erreicht; ihre Meta-Sprache sowohl als auch ihre Objektsprachen können nur Systeme geringerer Komplexität beschreiben.

Wir formen nun Beziehung (2) erneut um und erhalten

$$R \geqq \frac{K_b - K_a + d}{K_a - d} \qquad (4)$$

Dabei entspricht der Fall $K_b = K_a$ einem System, das sich selbst beschreibt, und in diesem Fall nimmt Beziehung (4) die Form

$$R \geqq \frac{d}{K_a - d} \qquad (5)$$

an. Diese Beziehung drückt folgendes aus: Je größer die Komplexität K_a eines Systems ist, um so geringer muß seine Abstraktionsfähigkeit $R(K_a)$ sein, damit das System sich selbst beschreiben kann. Die Selbstbeschreibung ist eine Abstraktion, entspricht aber im übrigen wiederum der Wirklichkeit. Ist die Abstraktionsfähigkeit eines Systems größer, als es zur Selbstbeschreibung erforderlich ist, so kann sie zur Beschreibung von Systemen dienen, die eine höhere Komplexität als das beschreibende System haben. Für Systeme mit unendlich großer Komplexität K_a gilt

$$R \geqq 0,$$

d.h. ein solches System bedarf keiner Abstraktionsfähigkeit, um sich selbst beschreiben zu können.

Bei diesen Betrachtungen haben wir zunächst die Frage unberücksichtigt gelassen, welche Werte die Distanz d annehmen kann. Falls d mit wachsendem K_a den Wert 0 erreichen könnte, würde das betreffende System sich selbst beschreiben können, ohne hierzu der Abstraktion zu bedürfen. Es gibt aber keinen Anhaltspunkt dafür, daß dieser Umstand bei endlichem K_a eintreten kann. Wir können deshalb davon ausgehen, daß d allenfalls bei unendlich großer Komplexität K_a den Wert 0 annimmt. Das bedeutet dann, daß ein System mit unendlich großer Komplexität keiner Abstraktion bedarf, um sich selbst beschreiben zu können. Das gleiche Ergebnis erhalten wir aber nach Beziehung (5) auch, wenn wir d z.B. als Konstante betrachten.

Die hier angestellten Überlegungen führen zu einer neuen Deutung des Schemas, das der Verfasser in dem eingangs erwähnten Aufsatz (Klement, 1968, S. 94) gegeben hat: Auf dem Wege vom vorsprachlichen Denken über die Umgangssprachen zu den Formalsprachen nimmt die Komplexität des die Wirklichkeit beschreibenden Systems ab, während der Grad der Abstraktion bei der Beschrei-

bung zunimmt. Zunehmende Abstraktion bedeutet in gewissem Sinne eine zunehmende Einschränkung bei der Beschreibung der Wirklichkeit, und nur in diesem Sinne wird der in die Beschreibung einbeziehbare Ausschnitt der Wirklichkeit auf dem erwähnten Wege kleiner. Die Komplexität der beschreibbaren Systeme steigt dagegen bis zu dem im Zusammenhang mit Beziehung (3) behandelten Maximum. In diesem Sinne wird der in die Beschreibung einbeziehbare Ausschnitt der Wirklichkeit auf dem erwähnten Wege zunächst größer und nimmt erst nach Überschreitung des Maximums ab.

Schrifttumsverzeichnis

Günther, Gotthard — Bewußtsein als Informationsraffer. GrKG 10/1, 1969.

Klement, Hans-Werner — Hat das Bewußtsein eine Aufgabe? GrKG 9/3, 1968.

Eingegangen am 28. Juli 1969

Anschrift des Verfassers:
Dr. Hans-Werner Klement, 638 Bad Homburg, Theodor-Storm-Str. 27

KYBERNETISCHE BUCHVERÖFFENTLICHUNGEN 1969

besprochen von Helmar Frank (Waiblingen), Berlin

In der Auswahl deutschsprachiger Werke zur Kybernetik, die im ablaufenden Jahr erschienen sind, verdienen an erster Stelle die "Abstrakten Automaten" von Peter H. Starke erwähnt zu werden, der um 1965 die Theorie stochastischer Automaten begründet hatte (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 392 Seiten). In diesem vorzüglichen Lehrbuch wird zwischen die im ersten Teil behandelten deterministischen Automaten und die stochastischen Automaten, denen Teil 3 gewidmet ist, eine praktisch sehr interessante Zwischenstufe eingeführt: die nichtdeterministischen Automaten. Bei diesen ist jedem Zustand und jedem Eingabesignal nicht ein Feld sondern nur eine Menge möglicher Ausgabesignale bzw. Folgezustände zugeordnet; es wird also von der (praktisch selten bekannten) Wahrscheinlichkeitsverteilung abstrahiert. -

Die "Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie" von W. Meyer-Eppler erschienen in einer von G. Heike und K. Löhn um hundert Seiten erweiterten Neuauflage, so daß dieses verdienstvolle Standardwerk endlich wieder greifbar ist (Springer, Berlin-Heidelberg-New York; XXVII + 549 S.). Es soll die Anerkennung für die gewiß schwierige und wenig dankbare Leistung der Neubearbeiter nicht schmälern, wenn bedauert wird, daß ihnen offenbar die Unterlagen nicht verfügbar waren, welche der früh verstorbene Autor für diese 2. Auflage schon vorzubereiten begonnen hatte: die durch Gegenbeispiele widerlegbare Behauptung, die Fanosche Codierung weise minimale Redundanz auf, findet sich auf S. 123 unverändert wieder - entgegen der Absicht des Autors, der unter dem 14. 6. 1960 noch aus der Klinik an den Rezensenten schrieb: "Sofern eine 2. Auflage meines Buches einmal notwendig werden sollte, werde ich die richtige Optimalcodierung an dieser Stelle einsetzen." -

Peter Müller legt in Zusammenarbeit mit Guido Löbel, Hans Schmid und vier weiteren Autoren mit seinem "Lexikon der Datenverarbeitung" ein Nachschlagwerk vor, das beim Leser kaum technische Vorbildung voraussetzt und bewußt den praktischen Wert der zu den einzelnen Stichwörtern gelieferten Angaben höher stellt als den Wert formal einwandfreier Definitionen (Verlag moderne Industrie, München; 624 S.). Im Interesse einer Verbesserung der deutschen Fachsprache ist dankbar zu begrüßen, daß eine Fülle im deutschen Schrifttum üblicher englischer Termini alphabetisch mit eingereiht und mit einem Verweispfeil auf den definierten deutschen Ausdruck versehen wurde. -

Was in H. Franks "Kybernetik und Philosophie" (sie erschien im Berichtszeitraum in unveränderter 2. Auflage; Duncker & Humblot, Berlin, 190 S.) aus-

drücklich ausgeklammert ist, nämlich die Auseinandersetzung mit dem Marxismus, leistet der Physiker Peter Kirschenmann mit seinem Buch "Kybernetik - Informations-Widerspiegelung" (Anton Pustet, München und Salzburg, 311 S.). Er schränkt die Thematik ein auf die der Information, die sich mit der dialektisch-materialistischen Widerspiegelungstheorie berührt, ohne daß von dort aus viel "Neues aufgedeckt oder in Angriff genommen" worden wäre, wie der Autor nach einer umfassenden Analyse zahlreicher Originalarbeiten feststellt. -

Otto Mayr ("Zur Frühgeschichte der Technischen Regelungen", Oldenbourg, München und Wien, 150 S.) versucht, die Voraussetzungen aller Erfindungen, die frühe Regelungen darstellen, "zu klären und ihre Wirkung zu verfolgen." In dieser (im Flattersatz gedruckten) ideengeschichtlichen Studie wird - nach Herausarbeitung eines notwendigen und hinreichenden Kriterientripels für die Regelung (Ziel: Regelgröße der Führungsgröße angleichen; Struktur: geschlossener Kreis mit negativer Rückwirkung; Zusatzbedingung: Meßfühler von Stellglied physisch getrennt) - bei Ktesibios, Philon und Heron einsetzen quasi die Embryonalgeschichte der Regelungstheorie und -technik entwickelt, die mit der Aufhebung der während des 2. Weltkrieges betriebenen Geheimhaltung und dem gleichzeitigen Anbruch des kybernetischen Zeitalters endet. Das Buch ist hinsichtlich seiner Akribie ein Musterbeispiel für die noch seltenen philosophisch-geisteswissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit der Kybernetik.

"Geplante Information" nennen W. Northemann und G. Otto einen Sammelband, in dem sich Wortführer und Fortführer der Berliner Didaktikschule mit dem Ansatz ihres Begründers Paul Heimann auseinandersetzen. (Beltz, Weinheim, Berlin, Basel, 276 S.) Heimanns 1962 in der "Deutschen Schule" veröffentlichte, längst vergriffene Darstellung seiner Konzeption bildet den gemeinsamen Bezugspunkt aller 11 Beiträge und würde es verdienen, bei einer etwaigen Neuauflage vorangestellt zu werden. "Mathematiker und Naturwissenschaftler bemerken ... die große Affinität des Heimannschen Begriffsrepertoires, seiner Formulierungen und Zielsetzungen zu ihren eigenen Begriffsbildungen, zu ihren eigenen Denk- und Ausdrucksweisen" (Schütz, a.a.O., S. 48). Diese kybernetiknahe Komponente des Heimannschen Werkes kommt im übrigen Sammelband jedoch nur in den Beiträgen von Lahn und Frank zum Durchbruch. Sie bildet dagegen den Ausgangspunkt und eines der Leitmotive der auf den vierfachen Umfang angeschwollenen und nunmehr als Einführung in die allgemeine Kybernetik und Lehrbuch der kybernetischen Pädagogik gedachten 2. Auflage der "Kybernetischen Grundlagen der Pädagogik" von H. Frank (Agis-Verlag, Baden-Baden, W. Kohlhammer, Stuttgart, 1969, 1. Bd. X + 409 S., 2. Bd. X + 290 S.). -

Abschließend sei auf zwei Bücher hingewiesen, die auch jeder Laie, sofern ihn nur die Grundfragen der Kybernetik interessieren, mit Genuß lesen wird: John C. Lilly, "Delphin - ein Geschöpf des 5. Tages?" (Winkler, München 322 S.) und Rolf Lohberg/Theo Lutz "Keiner weiß was Kybernetik ist" (Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 188 S.). Lilly knüpft anregende Spekulationen über Möglichkeiten der Verständigung zwischen menschlicher und außermenschlicher Intelligenz an die Ergebnisse bei einem einjährigen Experiment, während welchem ein Mädchen mit einem Delphin zusammenlebt und eine Kommunikation aufzubauen sucht. - Lohberg und Lutz versuchen durch ihr lustig illustriertes Bändchen eine bewußt humoristische "verständliche Einführung in eine moderne Wissenschaft", nämlich die Kybernetik, zu geben, wobei schwer entscheidbar ist, ob die Lektüre für den Fachmann oder für den Laien vergnüglicher ist. -

KYBERNETISCHE VERANSTALTUNGEN

Kybernetik-Kongreß (DGK)
Berlin
April 1970
Wissenschaftliche Tagungsleitung: Prof. Dr. O.J. Grüsser, Physiologisches Institut der Freien Universität Berlin, 1 Berlin 33, Arnimallee 22
Veranstalter: Deutsche Gesellschaft für Kybernetik, 6 Frankfurt 70, Stresemannallee 21

8. (öffentliches) internationales Symposion über Programmierte Instruktion und Lehrmaschinen
Basel
27. Mai - 31. Mai 1970
Veranstaltet von der Gesellschaft für Programmierte Instruktion (GPI) im Rahmen der 10. Didacta
Anfragen: Sekretariat der GPI, c/o Institut für Kybernetik, 1 Berlin 46, Malteser-Str. 74-100, Konferenzsprachen: Deutsche, Französisch, Italienisch

2. Lateinamerikanischer Kongreß der GPI
Voraussichtlich Juli 1970
Anfragen beim Sekretariat der GPI, Adresse s. o.

Europäisches Institut für Berufsausbildung
24. - 27. Februar 1970
Euroäische Studienwoche (London und Umgebung) über Unterrichtswesen und die Berufs- und Fachausbildung in Großbritannien (Arbeitssprachen: Englisch, Deutsch, Französisch, Italienisch) Die italienische Sprache wird nur für die Besichtigungen angewandt werden.
15. - 20. März 1970
Europäisches Seminar (Schloss Artigny Frankreich) über die Anwendung von audio-visuellen Mitteln (Arbeitssprache: Französisch)
25. - 28. Mai 1970
Europäische Konferenz (Monreux - Schweiz) über berufsbegleitende Fort- und Weiterbildung (Arbeitssprachen: Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch)
4. - 18. Oktober 1970
Studienreise in die USA über Unterrichtswesen und die Berufs- und Fachausbildung mit besonderer Studie über die Anwendung der neuen pädagogischen Methoden (Arbeitssprachen: Englisch, Deutsch, Französisch, Italienisch)
November 1970
Europäisches Seminar (Frankreich) über den Programmierten Unterricht) (Arbeitssprachen: Französisch und Italienisch)

Dezember 1970
Europäische Studienwoche (Paris und Umgebung) über Unterrichtswesen und die Berufs- und Fachausbildung in Frankreich (Arbeitssprachen: Deutsch,Französisch und Italienisch)

Anfragen an: Institut Europeen pour la Formation Professionelle, Direktor Jean Roux, Paris; 53, Avenue Victor Hugo

IFIP World Conference on Computer Education
24. - 28. August 1970
Amsterdam
Anfragen: Dr. J. Dirkzwager, Willemsparkweg 220, Amsterdam

Die als deutsche Sektion der Association Internationale de la Linguistique Appliquée (AILA) neu gegründete Gesellschaft für Angewandte Linguistik (GAL) e.V. bietet Philologen und Sprachwissenschaftlern die Möglichkeit der Mitgliedschaft. Ziele der Gesellschaft sind die nationale und internationale Koordinierung und Intensivierung von Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Angewandten Linguistik, Fachtagungen, Fortbildungskurse, etc.

Nähere Informationen durch Gesellschaft für Angewandte Linguistik, Professor Dr. G. Nickel, 23 Kiel, Englisches Seminar der Universität.

INHALT VON BAND 10 (1969)

DIE AUTOREN DES BANDES 10

Fischer, Dr. Walther L.
852 Erlangen, Bismarckstr. 1 1/2, Mathematisches Institut der Universität
Frank, Prof. Dr. Helmar
1 Berlin 33, Altensteinstr. 39
Franke, Dr. Herbert W.
8024 Kreuzpullach, Jagdhaus
Graf, Dr. Klaus Dieter, 1 Berlin 15, Uhlandstr. 29
Günther, Prof. Dr. Gotthard, University of Illinois, College of Engineering, Urbana, Ill. 61801, USA
Hofmann, Dr. K.D., 463 Bochum-Querenburg, Buscheystraße
Institut für Soziologie der Ruhr-Universität
Keil, Dr. Rolf-Dietrich, 535 Euskirchen, Carmanstr. 5
Klement, Dr. Hans-Werner, 638 Bad Homburg, Theodor-Storm-Str. 27
König, Ernst, 1 Berlin 46, Malteserstr. 74-100, Pädagogische Hochschule
Kronthaler, Engelbert, 1 Berlin 62, Meraner Str. 8
Müller, Dr. Ernst, c/o Hardtmann, 1 Berlin 45, Lorenzstr. 65
Pfeiffer, Prof. Dr. Alfred, Dresden, Tetschener Str. 32
Riedel, Harald, 1 Berlin 46, Malteserstr. 74-100, Pädagogische Hochschule
Stahl, Volker, 8 München 71, Graubündener Str. 107
Stever, Hermann, 75 Karlsruhe, Lörracher Str. 6
Thiele, Dr. Dr. Joachim, 2082 Uetersen, Herderstr. 1
von Einsiedel, Hildebrand, 1 Berlin 41, Presselstr. 11 a
Zierer, Prof. Dr. Ernesto, Universidad Nacional de Trujillo,
Departemento de Instrucción Programada, Apartado 315, Trujillo, Peru

Richtlinien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.
Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.
Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a“, „b“ etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a“ etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.
En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne deuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et, si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.
La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doit être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.
Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.
If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.
Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.